Aus der Medizinischen Poliklinik
der Universität Erlangen-Nürnberg
Direktor: Professor Dr. K. Bachmann

BELASTUNGSELEKTROKARDIOGRAMM UND KORONAROGRAMM

Vergleichende Untersuchung an 438 Patienten

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
des Fachbereichs Medizin
der Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg

vorgelegt von
Adolf Joachim Wicovsky
aus Selb

1976 № 112

Aus der Medizinischen Poliklinik
der Universität Erlangen-Nürnberg
Direktor: Professor Dr. K. Bachmann

BELASTUNGSELEKTROKARDIOGRAMM UND KORONAROGRAMM

Vergleichende Untersuchung an 438 Patienten

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
des Fachbereichs Medizin
der Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg

vorgelegt von
Adolf Joachim Wicovsky
aus Selb

Gedruckt mit Erlaubnis des Fachbereichs Medizin

der Universität Erlangen-Nürnberg

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Dekan: Prof. Dr. E. Rügheimer

Referent: Prof. Dr. K. Bachmann

Tag der mündlichen Prüfung: 23. Februar 1976

Inhaltsverzeichnis

A. Einleitung

B. Methodik

I. Koronarangiogramm

II. Belastungs- Ekg

C. Ergebnisse

I. Alters-und Geschlechtsverteilung des Gesamtkollektivs

II. Koronarangiographische Befunde:

1. Stenosegrad- Lebensalter
2. Stenosegrad- Versorgungstypen
3. Lokalisation der Stenosen

III. Belastungs- Ekg und Koronarangiogramm- Gesamtkollektiv

1. Ischämiekriterium
2. Pathologisches Belastungs-Ekg- koronarangiographischer Befund
3. Frequenz und Ischämiereaktion

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546228_0123

IV. Belastungs- Ekg und Koronarangiogramm- "Interpretierbare"

1. Empfindlichkeit und Spezifität

2. Falsch negative und falsch positive Belastungs-Ekgs

V. Veränderungen im Belastungs- Ekg- Schwere der Koronarerkrankung

1. Tiefe der St- Senkung

2. Anzahl der betroffenen Ableitungen

VI. Abbruchkriterien

D. Diskussion

E. Zusammenfassung

F. Literaturangaben

A. Einleitung:

William Heberden hat am 21. Juli 1768 in einer Sitzung des Royal College of Physicians bis heute unübertroffen den Begriff der Angina pectoris für die Symptomatologie einer ihm selbst unbekannten „Brusterkrankung" geprägt. Erst die pathologisch-anatomischen Studien von Jenner, Perry und Fothergill konnten eine ursächliche Beziehung zur Koronarsklerose herstellen. Um 1920 berichteten Bousfield und Pardee über EKG-Veränderungen bei Patienten während spontaner Anfälle von Angina pectoris, die später von Feil und Siegel durch Belastung provoziert werden konnten.

Von Masters wurde der Arbeitsversuch als Provokation der Koronarinsuffizienz in die Diagnostik der koronaren Herzerkrankung eingeführt und als 2-Stufen-Test normiert. Heute ist diese Belastungsmethode durch die in physikalischen Einheiten meß-, dosier- und reproduzierbare Fahrradergometrie ersetzt. Die diagnostische Wertigkeit von Belastungsuntersuchungen mußte jedoch so lange unsicher bleiben, so lange die Bewertung der Ergebnisse auf das subjektive Kriterium der Angina pectoris angewiesen blieb. Erst die Entwicklung der selektiven Koronarographie durch SONES ermöglichte eine intravitale Darstellung der Röntgen-Anatomie der koronaren Herzerkrankung. Damit konnte die Koronarsklerose nach Lokalisation, Schwere und Ausdehnung exakt klassifiziert und das Angiogramm als objektiver Maßstab der Beurteilung der Belastungs-Elektrokardiographie herangezogen werden.

Bisherige elektrokardiographische und angiographische Vergleichsuntersuchungen gehen von zahlenmäßig kleinen Kollektiven aus (3, 7, 9, 13, 16, 20, 25, 53). Die vorliegende Studie einer angiographischen Kritik des Belastungs-Elektrokardiogrammes basiert auf den Befunden von 438 Patienten. Damit ist es möglich, die Spezifität und Sensitivität des Belastungs-Elektrokardiogrammes bei Patienten mit koronarer Herzerkrankung zu untersuchen.

B. Methodik

I. Koronarogramm

438 Patienten wurden mittels selekiver Koronarangiographie nach der Methode Sones (59) oder Judkins (27) untersucht.Die Kranzarterien wurden mit 76%igem Urografin von Hand oder automatisch gefüllt und vom Schirm eines hochauflösenden Bildverstärkers mit einem Eingangsfeld von 17 cm mit der 35mm-,70mm- und 100mm-Kamera (Bildfrequenz 50 bzw.6/Sek.) aufgenommen.(Bachmann,K., R.Maret,M.Pfeiler:Results of cineangiography as compared to single frame technique.In:Coronary Heart Disease (M.Kaltenbach,P.Lichtlen,eds.)Thieme,Stuttgart 1971). Die selektive Darstellung der rechten und linken Kranzarterie erfolgte unter fortlaufender Ekg- und Blutdruckkontrolle.Die Koronararterien wurden immer in den beiden halbschrägen Durchmessern beurteilt - wenn nötig auch in intermediären Positionen.Bei allen Patienten wurde außerdem linksventrikuläre Herzsondierung mit Ventrikulographie durchgeführt.Systolischer,diastolischer und enddiastolischer Druck des linken Ventrikels und der Aorta wurden gemessen.Bei der Auswertung der Koronarogramme wurde Versorgungstyp,Ausdehnung,Lokalisation und Schweregrad der Koronargefäßveränderungen berücksichtigt.

1.Versorgungstypen

N Normalversorgungstyp
R Rechtsversorgungstyp
L Linksversorgungstyp

2.Ausdehnung

L_{1-4} lokalisiert in 1-4 Koronargefäßen

D_{1-4} diffus in 1-4 Koronargefäßen

3.Lokalisation

l Hauptstamm der linken Kranzarterie

d R. interventrikularis anterior

c R. circumflexus

r rechte Kranzarterie

4.Schweregrad

I Kaliberreduktion(Durchmesser) -25%

II 26-50%

III 51-75%

IV 76-100%

Die Ausbildung von Anastomosen und Kollateralen wurde vermerkt.

II.Belastungs-Ekg

Die Belastung unserer Patienten wurde ausschließlich mit dem Fahrradergometer durchgeführt.Im Wesentlichen wurden zwei Belastungsarten angewendet.Zum einen die Belastung auf einer Grundstufe über 4 min. mit anschließender Steigerung im Abstand von zwei Minuten - zum anderen die Belastung auf einer Belastungsstufe über 6 min.Die Höhe der Grundstufenbelastung und die Steigerung richteten sich nach der geschätzten Leistungsfähigkeit der Patienten.Angestrebt wurde immer die submaximale Belastung,entsprechend 80% der maximalen Herzfrequenz nach Sheffield (56).Die Belastung wurde abgebrochen bei stenokardischen Beschwerden

schwerer Dyspnoe,starker Ermüdung,Schwindel,Übelkeit,Auftreten paroxysmaler Tachykardien,sowie bei sehr ausgeprägter ST-Senkung.Während der Belastung wurde das Ekg von einem Arzt laufend über ein Oszilloskop kontrolliert und in Abständen von einer Minute registriert.Zur Aufzeichnung wurden immer die zwölf Standartableitungen verwendet. Das Belastungs-Ekg wurde ohne Kenntnis des Koronarangiogramms ausgewertet und erst später mit dem angiographischen Befund verglichen. Zur Beurteilung einer Ischämiereaktion des Ekgs wurde die horizontale oder deszendierende Verlagerung der ST-Strecke aus der Isoelektrischen verwendet.
Bei allen 438 Patienten wurde ein Belastungs-Ekg und eine Koronarangiographie durchgeführt.Der Abstand beider Untersuchungen war im Durchschnitt eine Woche,in seltenen Fällen bis zu einem Monat.Indikationen für das Belastungs-Ekg waren: Aufdeckung von Koronarerkrankungen bei normalen,zweifelhaften oder pathologischen Ruhe-Ekgs bei unklarer Angina pectoris Anamnese.Indikation für die Koronarangiographie war Ausschluß einer Koronarerkrankung;bei Patienten mit bekannter Koronarerkrankung wurde die Koronarangiographie als Verlaufskontrolle oder mit der Frage der Operabilität durchgeführt.

C. Ergebnisse

I. Alters- und Geschlechtsverteilung des Gesamtkollektivs

Die Untersuchung umfaßt 438 Patienten im Alter von 18 bis 73 Jahren.Sie wurden in den Jahren 1970 bis 1973 einschließlich an der medizinischen Poliklinik Erlangen untersucht.
Tabelle 1 zeigt die Alters- und Geschlechtsverteilung des Patientenkollektivs.11% der Untersuchten waren weiblich, 89% männlich.Bei den Männern ist eine zahlenmäßige Häufung zwischen dem vierzigsten und fünfzigsten Lebensjahr festzustellen,bei den Frauen liegt diese Häufung deutlich später, zwischen 50 und 60 Jahren.Die Abnahme der Untersuchten in den höheren Altersgruppen ergibt sich aus den Indikationen für die Koronarangiographie.

II. Koronarangiographische Befunde

Aus Tabelle 2 ist die Häufigkeit der einzelnen Stenosegrade in den verschiedenen Altersgruppen zu ersehen.Für die Einteilung in die verschiedenen Gruppen entsprechend dem angiographischen Stenosegrad war nur die schwerste Veränderung maßgebend.Kombinationen mit geringergradigen Stenosen blieben unberücksichtigt.Die Stenosegrade 0 - IV fanden sich in folgender Häufigkeit in Prozent aller Patienten:

Keine Gefäßveränderung:	35 %
Stenosegrad I	8 %
Stenosegrad II	7 %
Stenosegrad III	20 %
Stenosegrad IV	30 %

Tabelle 1

Alters- und Geschlechtsverteilung der Patienten (n=438 Patienten)

Geschlecht	Alter in Jahren										Gesamt
	-25	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	51-55	56-60	61-65	65-	
Männlich	5	6	22	48	69	74	64	60	30	8	386
Weiblich	1	0	2	5	7	6	16	8	5	2	52
Gesamt	6	6	24	53	76	80	80	68	35	10	438

Tabelle 2

Häufigkeit der einzelnen Stenosegrade in den verschiedenen Altersgruppen (n=438 Patienten)

Stenosegrad	Alter in Jahren										Gesamt
	-25	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	51-55	56-60	61-65	65<	
0	4	5	14	22	35	19	26	20	6	2	153
I	1	1	3	5	5	8	6	6	1	0	36
II	0	0	2	5	4	8	7	4	1	1	32
III	1	0	4	10	13	19	17	15	8	1	88
IV	0	0	1	11	19	26	24	23	19	6	129
Gesamt	6	6	24	53	76	80	80	68	35	10	438

Es ist deutlich die starke Zunahme der Koronarveränderungen mit steigendem Alter zu erkennen.Diese Zunahme ist sowohl in Bezug auf die Anzahl der Veränderungen, als auch in Bezug auf den koronarangiographischen Schweregrad festzustellen.Während in der Gruppe der 20- 30- Jährigen von 11 Untersuchten nur einer Stenosen über 50 % aufweist,sind es in der Gruppe der Über -60- Jährigen von 45 schon 34. Die Häufigkeit der normalen und pathologischen Koronarangiogramme veranschaulicht Zeichnung 1. Bis zum 45. Lebensjahr überwiegen in jeder Altersgruppe die normalen Koronarangiogramme, während bei Patienten über 45 Jahren der Anteil hämodynamisch wirksamer Stenosen größer ist. Vor dem 45. Lebensjahr finden sich 48 % der Patienten mit normalem Angiogramm gegenüber 27 % der Patienten mit pathologischem Angiogramm. Schlüsselt man Tabelle 2 weiter nach dem Geschlecht auf (Tabelle 3), so ist festzustellen, daß Koronarveränderungen bei den Frauen weitaus seltener sind als bei den Männern.Bei den Frauen sind vor dem 40. Lebensjahr nur unauffällige Gefäße zu beobachten- hämodynamisch wirksame Veränderungent treten erst in höherem Alter, bei insgesamt 17 % aller Frauen, auf. Ganz anders ist die Situation bei den Männern, die bereits in der Altersgruppe unter 25 Jahren Koronarveränderungen aufweisen und in 54 % hämodynamisch wirksame Stenosen zeigen. Bei der Beurteilung des Versorgungstyps ergibt sich in 45 % ein Rechtsversorgungstyp, in 38 % ein Normalversorgungstyp und nur in 17 % ein Linksversorgungstyp (Tabelle 4).Ein Zusammenhang zwischen Versorgungstyp und Anzahl und Schwere der Koronarveränderungen ergibt sich nicht. Beim Rechtsversorgungstyp treten in 44 % pathologische Koronarangiogramme auf, beim Normalversorgungstyp in 48 %, und beim Linksversorgungstyp in 53 %.Häufigkeit, Verteilung

Zeichnung 1

Häufigkeit der normalen und pathologischen Angiogramme in den verschiedenen Altersgruppen.

▥ =normale Angiogramme (d.h. keine Stenose, Stenosegrad I, II) n=221 Pat. = 100%

□ =Pathologische Angiogramme (Stenosegrad III, IV) n=217 Patienten. = 100%

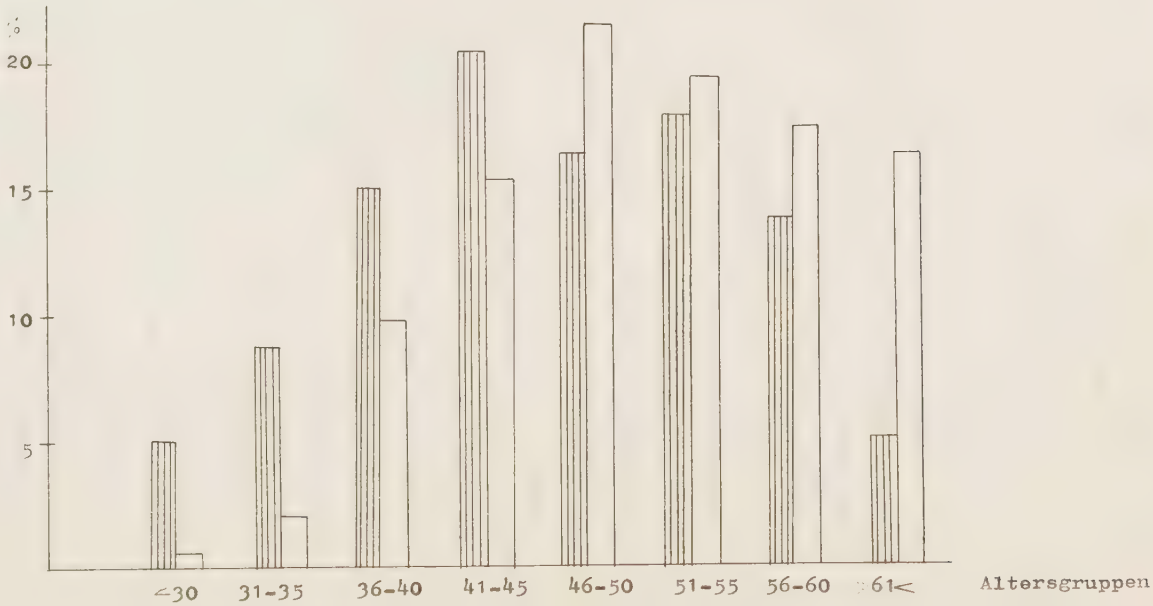


Tabelle 3

Aufteilung des Gesamtkollektivs nach abgiographisch gesicherten Gefäßveränderungen in Abhängigkeit vom Alter

Frauen (n=52)

Stenosegrad	Alter in Jahren										Gesamt
	-25	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	51-55	56-60	61-65	65	
0,I,II	1	0	2	5	6	4	14	7	3	1	43
III,IV	0	0	0	0	1	2	2	1	2	1	9
Gesamt	1	0	2	5	7	6	16	8	5	2	52

Männer(n=368)

Stenosegrad	Alter in Jahren										Gesamt
	-25	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	51-55	56-60	61-65	65	
0,I,II	4	6	17	27	38	31	25	23	5	2	178
III,IV	1	0	5	21	31	43	39	37	25	6	208
Gesamt	5	6	22	48	69	74	64	60	30	8	386

Tabelle 4

Häufigkeit der Stenosegrade bei den verschiedenen Versorgungstypen (n=341 Pat.)

Stenose grad	Versorgungstyp			Gesamt
	Rechts	Normal	Links	
0	57	44	20	121
I	12	10	7	29
II	16	14	0	30
III	28	23	16	67
IV	39	40	15	94
Gesamt	152	131	58	341

und Schweregrad der Koronarveränderungen in unserem Patientengut zeigt Tabelle 5. Dabei finden wir Koronarveränderungen am häufigsten am ramus descendens anterior der linken Koronararterie mit 88 % aller Patienten mit Koronarveränderungen, gefolgt von Stenosen der rechten Kranzarterie bei 82 %, des ramus circumflexus der linken Kranzarterie bei 70 % und des linken Hauptstammes bei 37 %. Wie auch aus Zeichnung 2 zu ersehen ist, findet sich Stenosegrad III beim ramus descendens anterior mit 44 % weitaus am häufigsten, gegenüber 24 % bei der rechten Kranzarterie. Bei Schweregrad IV läßt sich dagegen ein leichtes Überwiegen des Befalls der rechten Kranzarterie nachweisen (36 % gegenüber 35% beim ramus descendens anterior). Stenosierungen des linken Hauptstammes von mehr als 50 % werden sehr selten, bei nur 4 % der Patienten mit koronaren Veränderungen, gefunden. Geringe Veränderungen sind dagegen häufiger - fast immer bei Mehrgefäßerkrankungen. Die koronaren Veränderungen betreffen meistens mehrere Gefäße, im Durchschnitt 2,8 Äste pro Patient. Häufigkeit, Lokalisation und Kombination der hämodynamisch wirksamen Stenosen sind Tabelle 6 zu entnehmen. Stenosen über 50 % finden sich, wenn nur ein Gefäß betroffen ist, in 32 %, bei zwei Gefäßen in 29 %, bei drei Gefäßen in 36 % und bei vier Gefäßen in 3%. Alle Kombinationen mit dem linken Hauptstamm sind selten, da sich höhergradige Stenosen am linken Hauptstamm nur selten finden. Stenosen über 50 % kommen beim ramus circumflexus der linken Kranzarterie nur selten isoliert vor. Sie sind überwiegend in Kombinationen mit anderen Koronarästen zu sehen und hier wieder besonders in Kombination mit dem ramus descendens anterior.
Neben der angiographischen Charakterisierung des Patientengutes sind auch von der Norm abweichende Befunde im Ruhe-

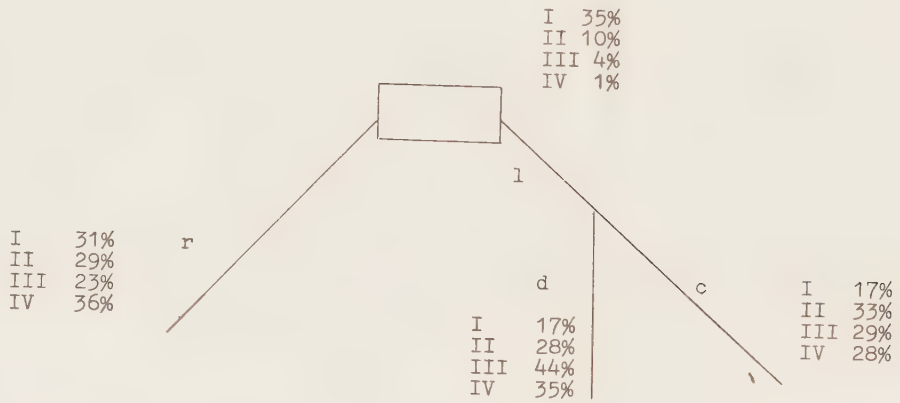
Tabelle 5

Aufteilung der Gefäßveränderungen in Abhängigkeit von der Lokalisation.(n=285 Patienten mit Koronarveränderungen)

Stenose-grad	Lokalisation				Gesamt
	r	l	d	c	
I	72	82	39	40	233
II	29	10	28	33	100
III	62	10	119	78	269
IV	69	2	67	51	189
Gesamt	232	104	253	202	799

Zeichnung 2

Prozentuale Aufteilung der einzelnen Stenosegrade nach der Lokalisation.(n=285 Patienten mit Koronarveränderungen)



r = Arteria coronaria dextra, l = Hauptstamm der Arteria coronaria sinistra

c = Ramus circumflexus d = Ramus descendens

Tabelle 6

Aufteilung der Koronarkranken nach Lokalisation und Kombination der hämodynamisch wirksamen Gefäßveränderungen. (n=217 Patienten)

	Lokalisation und Kombination der Gefäßveränderungen															
Betroffene Äste	r	l	d	c	r l	r d	r c	l d	l c	d c	r l d	r l c	r d c	l d c	l r d c	Gesamt
Anzahl	18	2	42	8	0	27	7	0	0	29	3	0	74	1	6	217

Ekg für die weitere Untersuchung wichtig. Auch sie sind Ausdruck einer Selektion. 76 Patienten, also 17 % des Patientenkollektivs weisen bereits in Ruhe St- Senkungen über 1 mm auf - davon 32 mit hämodynamisch nicht wirksamen Stenosen. 34 Patienten zeigen typische Infarktzeichen im Ekg, 60 Patienten haben Rhythmus- und Leitungsstörungen.

III. Belastungs- Ekg und Koronarangiogramm- Gesamtkollektiv

1. Ischämiekriterium

Vor dem eigentlichen Vergleich zwischen dem Koronarangiogramm und dem Ekg müssen eine Reihe von Voruntersuchungen gemacht werden. Dazu gehört in erster Linie die Definition der Ischämiereaktion des Ekgs.Es muß die Tiefe der St-Senkung festgelegt werden, die mindestens erreicht werden soll,um als positive Ischämiereaktion zu gelten und die die geringste Fehlerquote aufweist. Tabelle 7 zeigt richtig negative und richtig positive Ekgs in Abhängigkeit von der Tiefe der St- Senkung, die als Kriterium verwendet wird. Die Betrachtung wird nur für die Stenosegrade IV und 0 gemacht, da bei ihnen die hämodynamische Wirksamkeit bzw. Unwirksamkeit eindeutig ist. Dies ermöglicht eine genaue Abgrenzung der richtig positiven und richtig negativen Ekgs. Zur Beurteilung des zuverlässigsten Kriteriums wird jeweils die Fehlerquote,das heißt, das Verhältnis der falschen Diagnosen (= falsch positive und falsch negative Ekgs) zu den richtigen Diagnosen (= richtig positive und richtig negative Ekgs) gebildet. Sie ist am geringsten bei Verwendung einer St-

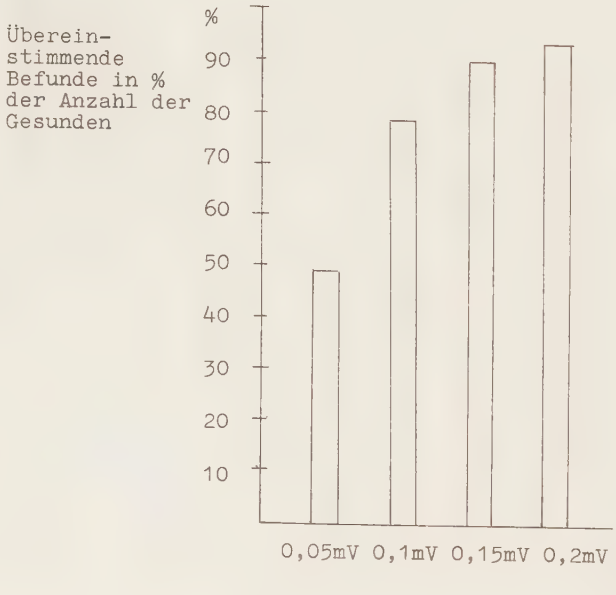
Tabelle 7

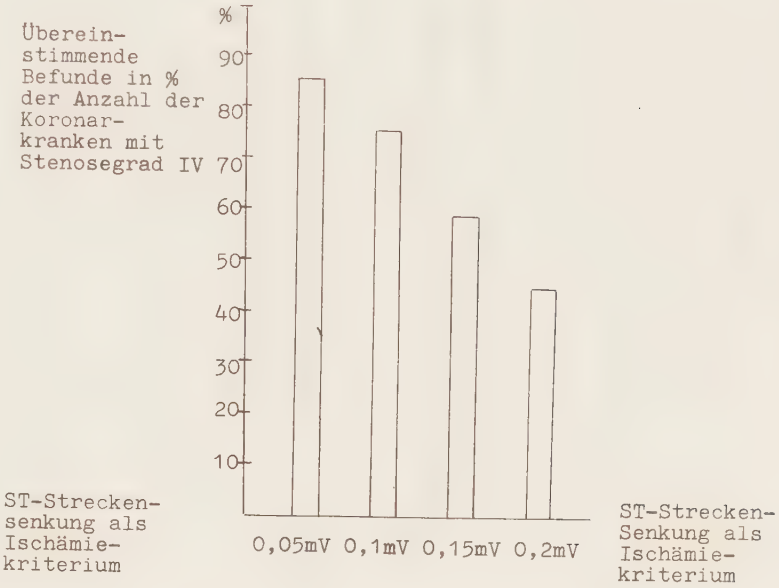
Ausmaß der ST-Streckensenkungen im Belastungs-Ekg bei Gesunden und Koronarkranken mit Stenosegrad IV.(n = 282 Patienten)

Stenose-grad	Größe der ST-Senkung im Belastungs-Ekg							
	unter	über	unter	über	unter	über	unter	über
	0,o4 mV		0,09 mV		0,14 mV		0,19 mV	
0	75	78	119	34	137	16	143	10
IV	20	109	33	96	54	75	70	59
Gesamt	95	187	152	130	191	91	213	69

Zeichnung 3

Übereinstimmung zwischen Belastungs-Ekg und Koronarangiogramm bei Gesunden und Kranken mit Stenosegrad IV bei verschieden großen ST-Streckensenkungen als Grenzwerte zwischen normalem und pathologischem Ekg-Befund.





Senkung von 1 mm als Ischämiekriterium mit einer Fehlerquote von 0,31.Zeichnung 3 zeigt die graphische Darstellung der richtig positiven und richtig negativen Ekgs in Prozent der angiographischen Gruppen IV und 0. Man sieht deutlich, daß eine Zunahme der richtig negativen Ekgs immer von einer gleichzeitigen Abnahme der richtig positiven Ekgs begleitet ist und umgekehrt.Mit Zunahme der Spezifität nimmt die Empfindlichkeit ab.Man kann also beispielsweise sagen,daß ein Patient der eine 4 mm tiefe ST-Senkung aufweist mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit eine Koronarerkrankung hat,aber man darf nicht umgekehrt schließen,daß ein Patient,der diese Senkung nicht erreicht,nicht koronarkrank ist.

2. Pathologisches Belastungs-Ekg - koronarangiographischer Befund.

Als nächster Schritt erfolgt jetzt die Einteilung aller fünf angiographischen Stenosegrade in die zwei Kategorien der hämodynamisch wirksamen und hämodynamisch unwirksamen Stenosen,um die weiteren Untersuchungen zu vereinfachen und übersichtlicher zu machen.Zur Abschätzung der hämodynamischen Wirksamkeit werden in jeder angiographischen Stenosegruppe unauffällige Belastungs-Ekgs und Belastungs-Ekgs mit Ischämiezeichen bestimmt.(Tabelle 8) Wie Zeichnung 4 zeigt,ist bereits bei Stenosegrad II ein deutliches Ansteigen der pathologischen Ekgs auf 34% zu sehen,was sicher ein Hinweis auf eine teilweise hämodynamische Wirksamkeit ist.Vom Stenosegrad II zu Stenosegrad III folgt dann ein sprunghaftes Anwachsen der pathologischen Ekgs auf 67%.Bei Stenosegrad IV finden sich mit 74% pathologischer Ekgs annähernd gleiche Werte.Es ist also gerechtfertigt,die Stenosegrade III und IV als hämodynamisch wirksam,die Schweregrade 0,I,II als hämo-

Tabelle 8

Anzahl der pathologischen und normalen Belastungs-Ekgs bei den einzelnen angiographischen Stenosegraden.(n=438 Patienten)

Stenose-grad	Belastungs-Ekg		
	normal	path.	gesamt
0	119	34	153
I	30	6	36
II	21	11	32
III	29	59	88
IV	33	96	129
gesamt	232	206	438

Zeichnung 4

Anzahl der pathologischen Belastungs-Ekgs bei verschiedenen Stenosegraden.

(n = 438 Patienten)

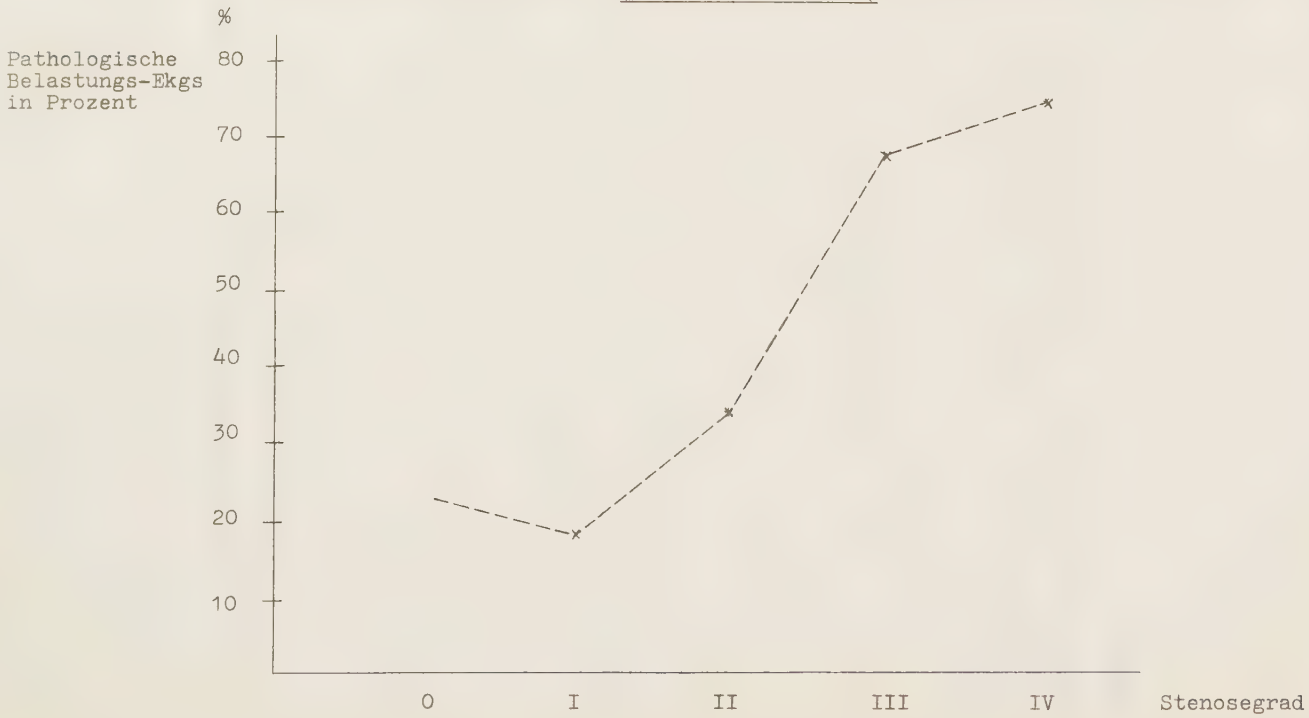


Abb. 1a

EKG

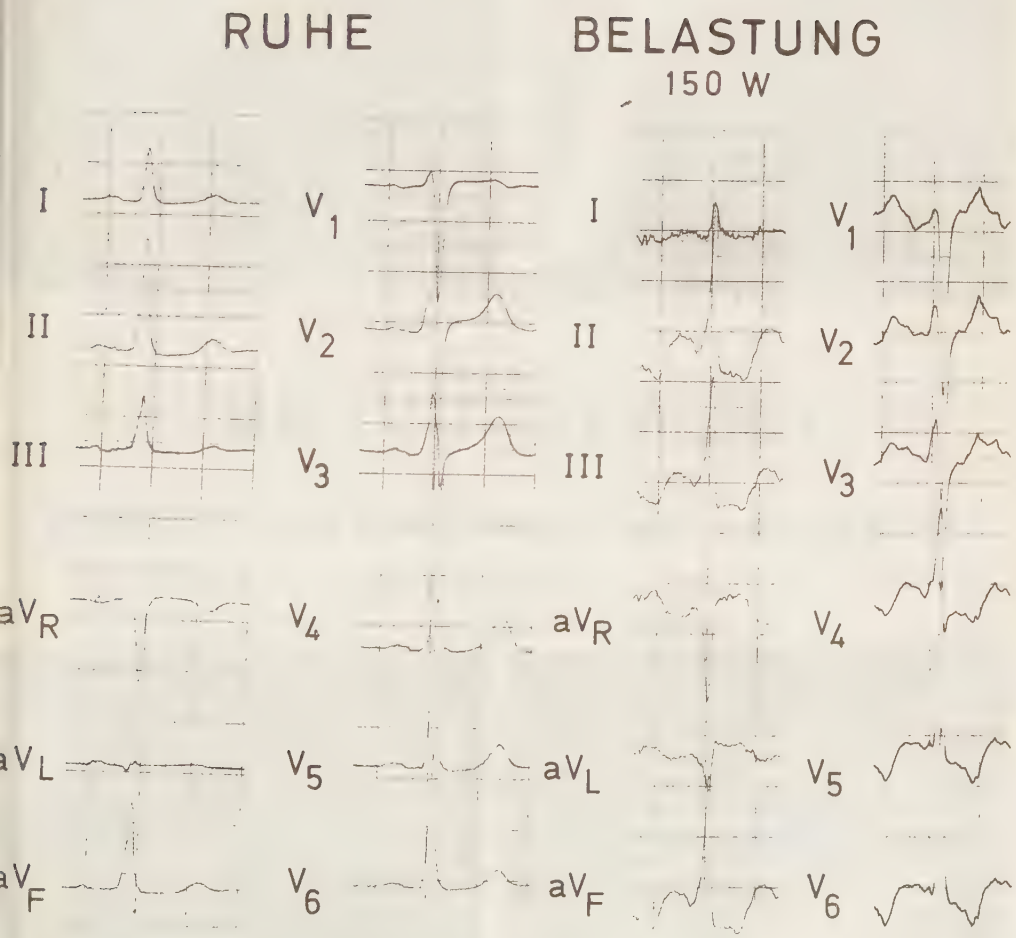
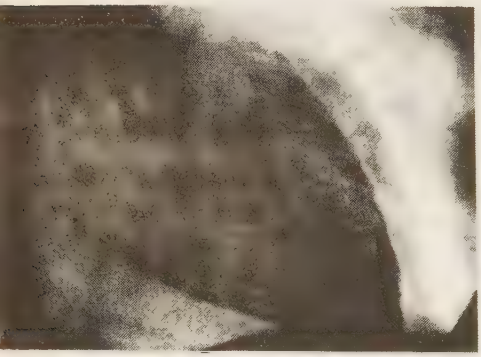

RUHE
BELASTUNG
150 W
I
II
III
aVR
aVL
aVF
V1
V2
V3
V4
V5
V6
I
II
III
aVR
aVL
aVF
V1
V2
V3
V4
V5
V6

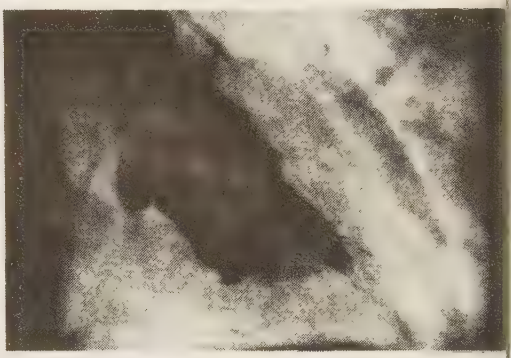
Abb.1b

LAEVOKARDIOGRAMM

ENDDIASTOLISCH

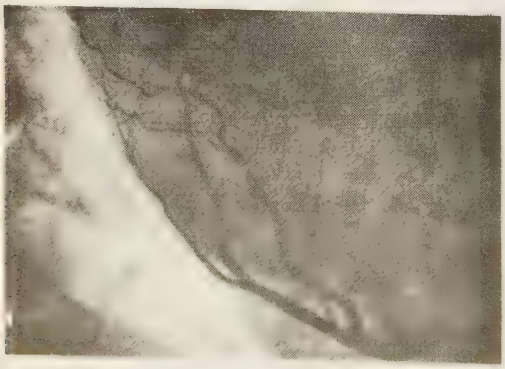


ENDSYSTOLISCH



KORONAROGRAMM

RECHTE KRANZARTERIE



LINKE KRANZARTERIE

Abb. 1a,1b

Elektrokardiogramm (a) und Koronarogramm (b) eines 19-jährigen Patienten mit linksthorakalem Druckgefühl unter Belastung und deszendierenden ST-Senkungen in Ableitung II,III,aVF,V_{4-6} des Belastungselektrokardiogramms.Linker Ventrikel (b) endsystolisch und enddiastolisch nicht vergrößert.Koronarogramm (b) bei Rechtsversorgungstyp ohne Hinweis auf Koronarstenosen.

dynamisch unwirksam zusammenzufassen.

3.Frequenz und Ischämiereaktion

Die Aussagekraft des Belastungs-Ekgs bei der Aufdeckung von Koronarerkrankungen ist auch abhängig von der erreichten Herzfrequenz.Je höher die Frequenz ist,desto höher ist der Sauerstoffverbrauch des Herzens,desto eher wird eine verminderte koronare Reserve aufgedeckt und desto besser wird die Übereinstimmung zwischen dem Belastungs-Ekg und dem Koronarangiogramm.Tabelle 9 zeigt die Frequenzverteilung unseres Patientenkollektivs,wobei die Frequenz in Prozent der maximalen Herzfrequenz nach Sheffield angegeben wird. Nach Sheffield (56) wird die maximale Herzfrequenz durch folgende Regressionsgleichung bestimmt:
MHF = 205-(0,41 x Alter in Jahren).Bei Betrachtung der falsch negativen Ekgs wird die genannte Forderung bestätigt.Wir finden eine konstante Abnahme der falsch negativen Ekgs mit steigender Frequenz.Deshalb haben wir in Übereinstimmung mit vielen anderen Untersuchern (3,18) 80% der maximalen Herzfrequenz als unterste Grenze festgelegt,die erreicht werden sollte,wenn keine Ischämiereaktion auftritt.Unterhalb dieser Grenze ist der Aussagewert eines Ekgs ohne Ischämieveränderungen,wie auch aus der Tabelle zu ersehen ist gering.Von 122 Patienten,die diese Grenze nicht erreichten und ein negatives Belastungs-Ekg aufweisen,haben 44 also 36% hämodynamisch wirksame Stenosen.Bei Ausbelastung dagegen ist die Wahrscheinlichkeit,daß einem negativen Belastungs-Ekg ein normales Koronarangiogramm entspricht bei unserem Patientengut immerhin sechsmal so groß.Von 103 ausbelasteten Patienten mit unauffälligem Ekg hatten nur 15 also 14,5% ein pathologisches Koronarangiogramm.Es wird deshalb der Zusammenhang

Tabelle 9

Zusammenhang: Koronarangiogramm - Belastungs-Ekg in Abhängigkeit von der erreichten Herzfrequenz (ausgedrückt in Prozent der maximalen Herzfrequenz nach Sheffield)

Stenose-grade	Ekg	Frequenz in Prozent des erreichbaren Maximums							Gesamt
		-100%	99-90%	89-80%	79-70%	69-60%	59-50%	50%>	
0,I,II	normal	3	36	49	32	28	14	4	166
	path.	1	4	15	13	8	6	1	48
III,IV	normal	0	4	11	12	13	16	3	59
	path.	1	4	20	40	37	27	11	140
Gesamt		5	48	95	97	86	63	19	413

zwischen den Ergebnissen im Belastungs-Ekg und den Befunden im Koronarangiogramm zunächst bei allen Patienten untersucht. Das entspricht dem,was im Durchschnitt erreicht werden kann. Danach erfolgt der Vergleich bei Patienten,die entweder ein positives Belastungs-Ekg zeigten oder 80% der maximalen Herzfrequenz erreichten - also bei Ekgs mit höherem Aussagewert.Letztere werden als interpretierbar bezeichnet.Wie aus Tabelle 10 zu ersehen ist,haben bei normalem Koronarangiogramm 63%,bei pathologischem Angiogramm 78% interpretierbare Ekgs. Insgesamt hatten 70% aller Patienten interpretierbare Belastungs-Ekgs.Die geforderte Frequenz erreichten bei den Patienten mit normalem Angiogramm 49%,bei denen mit pathologischem Koronarangiogramm 18% (Tabelle 11).34% aller Patienten wurden demnach ausbelastet.

Tabelle 12 zeigt den Zusammenhang zwischen den angiographischen Befunden ,die in normal und pathologisch eingeteilt wurden und den dazugehörigen Ruhe- und Belastungs-Ekgs für alle 438 Patienten.Beim Ruhe-Ekg werden bei normalem Angiogramm 85% richtig negative,aber nur 21% richtig positive Ekgs gefunden. Die Fehlerquote liegt hier bei 0,87 (=53% richtige Diagnosen) Beim Belastungs-Ekg ist die Anzahl der richtig negativen Ekgs mit 77% geringfügig niedriger,die Anzahl der richtig positiven Ekgs steigt steigt dagegen sprunghaft auf 72% an. Entsprechend niedriger war die Fehlerquote mit o,35 (=74% richtige Diagnosen).(Zeichnung 5)Die Aussagekraft des Ruhe-Ekgs bezüglich der Erfassung von Koronarveränderungen ist also völlig unzureichend.

IV. Belastungs-Ekg und Koronarangiogramm - Interpretierbare.

Nach der Betrachtung des Gesamtkollektivs wird der Zusammen-

Tabelle 10

Anzahl der interpretierbaren und der nicht interpretierbaren Belastungs-Ekgs bei normalem und pathologischem Koronarangiogramm.(n = 438 Ekgs)

Stenose-grade	interpretier-bar	nicht interpretier-bar	Gesamt
0,I,II	139	82	221
III,IV	170	47	217
Gesamt	309	129	438

Tabelle 11

Unterbelastete und ausbelastete Patienten mit normalem (=Stenosegrade 0,I,II) und pathologischem (=Stenosegrad III,IV) Koronarangiogramm.(n=438 Patienten)

Ausbelastet = 80% der maximalen Herzfrequenz nach Sheffield

Stenose-grade	unter-belastet	aus-belastet	gesamt
0,I,II	113	108	221
III,IV	177	40	217
gesamt	290	148	438

Tabelle 12

Zusammenhang zwischen Ruhe- und Belastungs-Ekg und dem koronarangiographischen Befund.(n = 438 Patienten)

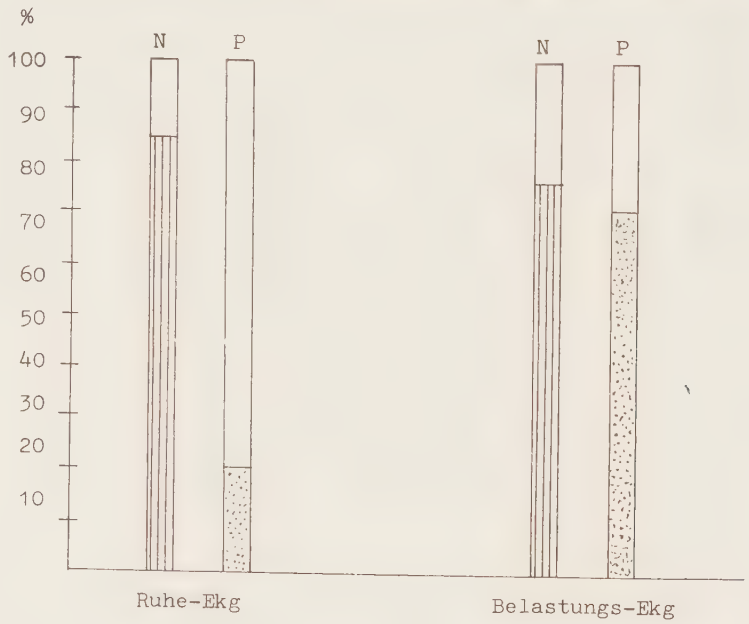
Stenose-grad	Ruhe-Ekg			Belastungs-Ekg		
	normal	path.	gesamt	normal	path.	gesamt
0,I,II	189	32	221	170	51	221
III,IV	172	45	217	62	155	217
gesamt	361	77	438	232	206	438

Zeichnung 5

Vergleich zwischen den Befunden im Ruhe- und Belastungs-Ekg und denen im Koronarangiogramm.

N = Prozentualer Anteil der normalen Ekgs (100% = alle gesunden Patienten)

P = Prozentualer Anteil der pathologischen Ekgs (100% = alle Koronarkranken)



hang Belastungs-Ekg Koronarangiogramm noch einmal für die Untergruppe der interpretierbaren Ekgs untersucht.(Tabelle 13) Es ergeben sich 63% richtig negative Ekgs,die Anzahl der richtig positiven Ekgs liegt mit 91,5% sehr hoch.Die Fehlerquote beträgt 0,27 (=79% richtige Diagnosen) liegt also niedriger als bei Betrachtung des Gesamtkollektivs.Das heißt, das Belastungs-Ekg ist für die Gruppe der Interpretierbaren aussagekräftiger.Die Empfindlichkeit ist sehr gut, die Spezifität ist unzureichend.Die Spezifität wird verbessert, wenn man Ekgs,die bereits in Ruhe Ischämieveränderungen aufweisen bei dem Vergleich ausklammert.(Tabelle 14) Richtig negative Ekgs finden sich in 79%,richtig positive in 88%. Die Fehlerquote beträgt 0,19 (=84% richtige Diagnosen).
In der anderen Gruppe,die bereits in Ruhe Ischämiezeichen aufweist,sind auffällig viele falsch positive Ekgs vertreten. Sie finden sich hier in 38% aller pathologischen Ekgs, gegenüber 20% der pathologischen Belastungs-Ekgs in der Gruppe mit normalem Ruhe-Ekg.
Durch fortlaufende Selektion des Patientenkollektivs wurde es möglich,die Fehlerquote,das heißt,das Verhältnis der falschen Diagnosen im Ekg zu den richtigen verglichen mit dem Koronarangiogramm immer mehr zu senken: von o,35 bei Belastung aller Patienten auf 0,27 bei Betrachtung der Interpretierbaren bis auf 0,19 bei den Interpretierbaren mit normalem Ruhe-Ekg. Allerdings hat sich durch diese Selektion die Anzahl der Patienten in diesen drei Gruppen stufenweise verringert von 438 Patienten,über 309 Interpretierbare bis auf 233 der letzten Untergruppe.
Falsch negative und falsch positive Ekgs,die bei der Gruppe der Interpretierbaren auftraten,werden nach einer genauen

Tabelle 13

Vergleich zwischen dem Belastungs-Ekg und den koronarangiographischen Befunden.(Nur interpretierbare Ekgs 309)

Stenose-grad	E k g		gesamt
	normal	path.	
0,I,II	88	51	139
III,IV	15	155	170
gesamt	103	206	309

Tabelle 14

Vergleich der richtig positiven und richtig negativen Belastungs-Ekgs bei normalem und pathologischem Ruhe-Ekg. (n=309 Patienten)

Stenose-grade	Normale Ruhe-Ekgs n=233		Pathologische Ruhe-Ekgs n=76		Gesamt
	Belastungs-Ekg		Belastungs-Ekg		
	Normal	Path.	Normal	Path.	
0,I,II	85	23	3	28	139
III,IV	15	110	0	45	170
Gesamt	100	133	3	73	309

Untersuchung unterzogen.Es wird versucht Gemeinsamkeiten in diesen Gruppen aufzufinden,die sie von den Gruppen der richtig Negativen und richtig Positiven unterscheiden.Dabei zeigt sich,daß in der Gruppe der falsch negativen Ekgs gehäuft hämodynamisch wirksame Stenosierungen nur eines Koronargefäßes vorlagen.Tabelle 15 zeigt dies für die Stenosegrade III und IV getrennt.Bei Schweregrad III findem sich insgesamt fünf falsch negative Belastungs-Ekgs also 8% dieser Stenosegruppe.Davon kommen vier bei Stenosierung eines Gefäßes und nur eines bei Mehrgefäßerkrankungen vor.Anders ausgedrückt kamen falsch negative Ekgs bei einer Ein-Gefäßerkrankung in 12% dieser Gruppe vor - bei Mehrgefäßerkrankungen in 3%. Ein ähnliches Verhalten ergibt sich für Stenosegrad IV.Von 10 falsch negativen Ekgs,also 10% der Gruppe IV kamen wieder neun bei Stenosierung eines Gefäßes,nur eines bei Mehrgefäßerkrankung vor.Ausgedrückt in Prozent dieser Gruppen gibt es bei Ein-Gefäßerkrankungen 14% falsch negative Ekgs,gegenüber 2% bei Mehrgefäßerkrankungen.Es ist also festzustellen, daß falsch Negative überwiegend bei Stenosierung eines Gefäßes vorkommen.(Zeichnung 6) Bei den falsch positiven Ekgs ist eine Unterschätzung der Stenosierung möglich.Wir untersuchen deshalb die Häufigkeit der einzelnen Stenosegrade,die unter dem Begriff normales Angiogramm zusammengefaßt wurden bei den Gruppen der falsch positiven und richtig negativen Belastungs-Ekgs.Wie Tabelle 16 zeigt,ist Stenosegrad II in der Gruppe der falsch positiven Ekgs mit 22% weit mehr vertreten als in der Gruppe der richtig negativen Ekgs mit 13%.Dies weist auf eine teilweise hämodynamische Wirksamkeit von Stenosegrad II hin-oder aber der Stenosegrad wurde im Koronarangiogramm zu

Tabelle 15

Vergleich Koronarangiographie - Belastungs-Ekg in Abhängigkeit von der Anzahl der Stenosen.(n=170 Interpretierbare)

I. Schweregrad III

E k g	Anzahl der Stenosen		gesamt
	eine	mehr als eine	
normal	4	1	5
path.	29	30	59
gesamt	33	31	64

II. Schweregrad IV

E k g	Anzahl der Stenosen		gesamt
	eine	mehr als eine	
normal	9	1	10
path.	56	40	96
gesamt	65	41	106

Zeichnung 6

Pathologische Belastungs-Ekgs in Abhängigkeit von der Anzahl der Stenosen bei Schweregrad III und IV

▥=Pathologische Ekgs bei Stenosegrad III

⁘=Pathologische Ekgs bei Stenosegrad IV

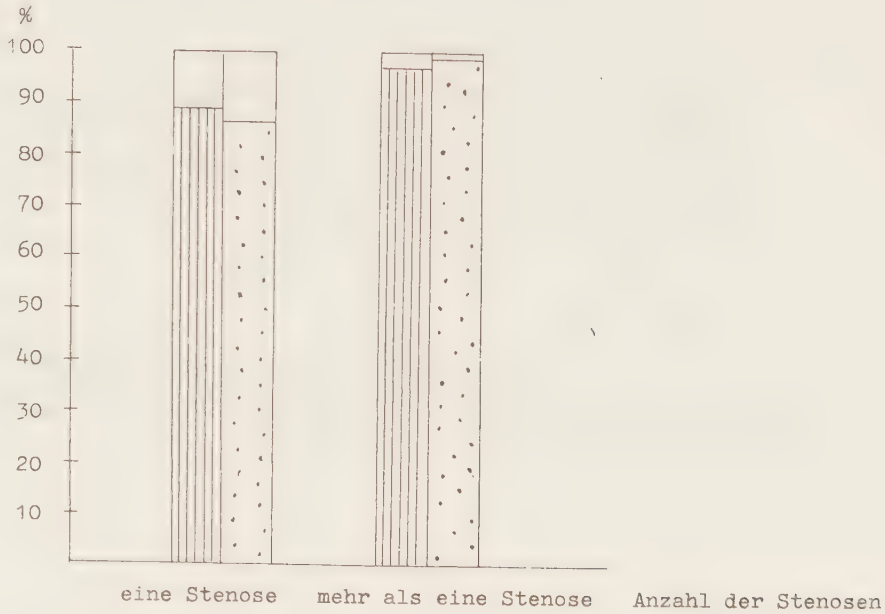


Tabelle 16

Häufigkeit der einzelnen Stenosegrade in der Gruppe der falsch positiven Ekgs verglichen mit der Gruppe der richtig negativen Ekgs.

Stenose-grade	Falsch positive Ekgs				Richtig negative Ekgs			
	0	I	II	Ge-samt	0	I	II	Ge-samt
Anzahl	34	6	11	51	64	12	12	88
Prozent	67	11	22	100	73	13,5	13,5	100

Tabelle 17

Geschlechtsverteilung in der Gruppe der falsch positiven und richtig negativen Ekgs.

Geschlecht	männlich		weiblich		Gesamt
	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent	
Falsch Positiv	36	20	15	34	51
Richtig Negativ	142	80	28	66	170
Gesamt	178	100	43	100	221

niedrig angegeben. Dies ist möglich, da nur ein Negativbild beurteilt wird. Weiterhin ist auffällig,daß sich unter den Patienten mit falsch positiven Belastungs- Ekgs besonders viele Frauen befinden. Wie aus Tabelle 17 zu ersehen ist, sind sie in der Gruppe der falsch positiven Belastungs- Ekgs mit 34 % deutlich häufiger vertreten als in der Gruppe der richtig negativen Belastungs- Ekgs mit 20 %.

V. Veränderungen im Belastungs- Ekg- Schwere der Koronarerkrankung

Abschließend wird noch untersucht, ob das Ausmaß der St-Senkung und die Anzahl der Ableitungen mit Ischämiezeichen einen Schluß auf Schwere und Ausdehnung der Koronarveränderungen ermöglichen. Tabelle 18 zeigt die durchschnittliche Tiefe der St- Senkung bei den falsch positiven und den richtig positiven Belastungs- Ekgs, die nach Schweregrad III und IV aufgeteilt werden. Dabei nimmt das Ausmaß der durchschnittlichen St- Senkung von 1,6 mm bei Patienten mit normalem Koronarangiogramm auf 1,8 mm bei Patienten mit Stenosegrad III zu.Von Schweregrad III zu Schweregrad IV erfolgt dann ein deutlicher Anstieg auf 2,2 mm.Es besteht also eine Abhängigkeit der Tiefe der St- Senkung vom koronarangiographischen Stenosegrad.

Wir untersuchen weiter die Anzahl der im Durchschnitt betroffenen Ableitungen bei hämodynamisch unwirksamen und wirksamen Stenosen. Letztere werden nach der Anzahl der betroffenen Koronargefäße aufgeschlüsselt. Wie aus Tabelle 19 zu ersehen ist, ergibt sich dabei ein Anstieg der betroffenen Ableitungen pro Patient von 3,8 bei den falsch Positiven über 4,0 bei einer und 4,1 bei zwei Stenosen

Tabelle 18

Durchschnittliche Tiefe der ST-Senkung bei den pathologischen Belastungs-Ekgs.

Stenose-grad	Tiefe der ST-Senkung in mV	Anzahl in jeder Gruppe
0,I,II	0,16	51
III,	0,18	59
IV	0,22	96
Gesamt		206

Tabelle 19

Durchschnittliche Anzahl der ischämiezeigenden Ekg-Ableitungen in Abhängigkeit von der Anzahl der hämodynamisch wirksam stenosierten Koronargefäße.

Anzahl der stenosierten Gefäße	Anzahl der betroffenen Ableitungen	Anzahl der Patienten
0	3,8	51
1	4,0	44
2	4,1	45
3	5,2	60
4	5,2	6
Gesamt		206

Tabelle 20

Anzahl der ischämiezeigenden Ableitungen und Ausmaß der ST-Streckensenkung in Abhängigkeit von der Stenoselokalisation bei Erkrankung nur eines Gefäßes.

Lokalisation der Stenose	Anzahl der Patienten	Davon ausbelastet	Durchschnittliche ST-Senkung in mm	Durchschnittliche Anzahl der betroffenen Ableitungen
l	2	1	2	6,5
d	25	1	1,7	4,7
c	4	4	1,3	3,5
r	13	6	1,4	2,9
Gesamt	44	12	.	.

über 50 %. Bei 3 und 4 betroffenen Gefäßen beträgt die Anzahl der Ekg- Ableitungen mit Ischämiezeichen jeweils 5,2 . Tabelle 20 zeigt die gleiche Untersuchung für hämodynamisch wirksame Stenosen bei den einzelnen Gefäßen. Dabei ist eine Zunahme der durchschnittlichen St- Senkung von 1,3 mm bei Stenosierung der rechten Kranzarterie auf 1,4 mm bei Stenosierung des ramus circumflexus der linken Kranzarterie festzustellen. Die durchschnittliche Tiefe der St- Senkung beträgt 1,7 mm bei Stenosierung des ramus descendens anterior, 2 mm bei Stenosierung des Hauptstammes der linken Kranzarterie. Analog steigen die im Durchschnitt betroffenen Ableitungen im Ekg an. Hinsichtlich der Ausbelastung ergibt sich, daß bei hämodynamisch wirksamen Stenosen des ramus descendens anterior des linken Hauptstammes nur in 7 % die geforderte Frequenz von 80 % der maximalen Herzfrequenz erreicht wurde gegenüber 37 % bei Engen der rechten Kranzarterie und des ramus circumflexus der linken Koronararterie.

VI. Abbruchkriterien.

Tabelle 21 zeigt die Untersuchung der Abbruchkriterien. Dabei ist besonders hervorzuheben, daß die Herzbeschwerden, jeweils in Prozent der betrachteten Gruppe, von 9 % bei den Patienten mit richtig negativen Ekgs über 19 % bei solchen mit falsch positiven, bis zu 26 % mit falsch negativen und 59 % mit richtig positiven Ekgs ansteigen. In der Gruppe der Patienten mit richtig positiven Ekgs wurde also mehr als dreimal so häufig die Belastung wegen Herzbeschwerden abgebrochen. Patienten mit normalem Koronarangiogramm dagegen brachen die Belastung weitaus am häufigsten wegen Atembeschwerden oder Ermüdung der Beine ab.

Tabelle 21

Beschwerden bei Abbruch der Belastung.

Angio-gramm	Ekg	Abbruchkriterien					Gesamt
		Herzbe-schwerden	Atemnot	Beiner-müdung	Sonstiges*	Fehlt	
Normal	normal	15	46	26	5	78	170
	path.	11	18	7	1	14	51
Path	normal	16	13	7	0	26	62
	path.	92	15	11	1	36	155
Gesamt		134	92	51	7	154	438

*Schwindel, Übelkeit

D. Diskussion.

I. Koronarangiographische Befunde

Die Auswertung der koronarangiographischen Befunde ergiebt eine weitgehende Übereinstimmung mit der Literatur.Ebenso wie Lichtlen (36) können wir kein signifikant vermehrtes Auftreten von pathologischen Koronarangiogrammen bei den verschiedenen Versorgungstypen feststellen (Tabelle 4)Deren Bedeutung für die Ausbildung einer Koronarsklerose ist offenbar nicht groß.Die Anzahl der im Durchschnitt pro Patient betroffenen Koronargefäße liegt mit 2,8 etwas über den entsprechenden Werten von Lichtlen und Sones (59) 2,27 und 2,22.Bei Betrachtung der Häufigkeit koronarer Veränderungen bei den einzelnen Koronarästen stellen wir ein leichtes Überwiegen des ramus deszendens der linken Koronararterie fest.- während Lichtlen und andere Untersucher (7,25, 50) ein leichtes Überwiegen von Veränderungen der rechten Kranzarterie beobachteten.Wie Sones und Lichtlen finden wir Stenosegrad IV am häufigsten bei der rechten Kranzarterie, Stenosegrad III dagegen am ramus deszendens anterior.Das legt den Schluß nahe,daß hochgradige Verengungen des ramus deszendens anterior seltener überlebt und auch koronarangiographiert werden als ähnlich schwere Stenosen der rechten Kranzarterie.Eine Erklärung dafür könnte sein,wie Lichtlen (36) meint,daß der rechten Kranzarterie eine Anastomosenbildung mit dem ramus deszendens anterior und dem ramus circumflexus der linken Kranzarterie möglich ist.Dagegen kann der ramus deszendens anterior nur von der rechten Kranzarterie versorgt werden.Höhergradige Stenosen am ramus circumflexus kommen

sehr selten isoliert,dagegen häufig in Kombination mit anderen schweren Stenosen vor.Dies könnte dadurch bedingt sein,daß Patienten mit hämodynamisch wirksamen Stenosen des ramus circumflexus länger beschwerdefrei bleiben und erst dann angiographiert werden,wenn schwere Stenosen anderer Koronargefäße hinzukommen.

II. Belastungs-Ekg - Koronarangiogramm

Will man die Ergebnisse des Vergleichs zwischen den koronarangiographischen Befunden und den entsprechenden Befunden im Belastungs-Ekg mit den Ergebnissen anderer Autoren vergleichen,so muß man dazu vier Faktoren,die das Ergebnis wesentlich bestimmen kennen:

1. Das untersuchte Patientenkollektiv,das bereits ausführlich beschrieben wurde.
2. Das verwendete Ischämiekriterium
3. Die Definition einer hämodynamisch wirksamen Stenose
4. Die Belastung,die als ausreichend angesehen wird.

Bei genauer Betrachtung der Arbeiten anderer Untersucher wird man feststellen,daß die Ansichten über Punkt 2-4 sehr auseinandergehen.Entsprechend unterschiedlich sind auch die Ergebnisse und die Einschätzung des Belastungs-Ekgs als diagnostisches Hilfsmittel,sowie seines Wertes im Rahmen von Vorsorgeuntersuchungen.Diese Kriterien müssen deshalb gründlich untersucht werden.

1. Ischämiekriterium

Als Kriterium für eine Ischämiereaktion des Ekgs werden in dieser Arbeit ausschließlich horizontale oder deszendierende ST-Senkungen verwendet.Wir stellen fest,daß die Fehlerquote

bei Senkungen von 1 mm oder mehr am geringsten ist.Hätten wir 0,5 mm als Ischämiekriterium gewählt,wäre die Zahl der falsch positiven Ekgs sprunghaft angestiegen,während sich die falsch negativen Ekgs nur unwesentlich verringert hätten.Die von uns verwendete Definition einer Ischämiereaktion des Ekgs ist auch in der Literatur am häufigsten zu finden (3,13,18,19,25, 29,32,37,38,41,55) Einige Autoren halten dagegen bereits eine Senkung von 0,5 mm für die Differenzierung der Gesunden und Kranken für ausreichend (7,16,24,49).Andere geben ihre Ergebnisse bei verschieden tiefen Ischämiekriterien an (9,30,39, 44,47).Wieder andere verwenden für die Extremitätenableitungen andere Kriterien als für die Brustwandableitungen.So gibt Lichtlen als Ischämiekriterium in den Extremitätenableitungen 1 mm an,in den Brustwandableitungen 2 mm (36).Neben dem Ausmaß einer ausreichenden ST-Senkung ist auch der genaue Typ der ST-Senkung umstritten.So meint Kubicek (32),daß eine horizontale oder muldenförmige Senkung nur dann als sicheres Ischämiekriterium zu werten ist,wenn sie nach Belastung deszendierend wird.Treten dagegen deszendierende ST-Strecken als Spätreaktion auf,ohne daß während Belastung Senkungen feststellbar waren,so ist dies nur sehr unsicher als Ischämiezeichen zu werten.Andere Autoren finden(2,34,35),daß aszendierende ST-Strecken,also der gestreckte ST-Verlauf aus einer tiefen S-Zacke,als pathologisch anzusehen sind,wenn die Dauer der Senkung länger als 50% der QT-Dauer anhält. Neben Veränderungen der ST-Strecke versucht man häufig, andere Ischämiezeichen aufzufinden.Dabei wird besonders das Verhalten der T-Wellen untersucht.Es ergibt sich jedoch kein Zusammenhang.Die meisten Autoren (10,24,37,38,60) lehnen es ab,isolierte T-Veränderungen als Ischämiezeichen zu werten. Riecker (52) erwähnt das Auftreten negativer U-Wellen nach

Belastung als Kriterium.Zusammenfassend kann man sagen,daß der Versuch,durch geeignete Ischämiekriterien die Befunde im Belastungs-Ekg denen im Koronarangiogramm anzugleichen,noch nicht abgeschlossen ist.Dies gilt besonders für die genaue Typisierung der ST-Veränderungen,sowie für die Suche nach zusätzlichen Kriterien.Alle Untersucher sind sich jedoch darüber einig,daß eine horizontale oder deszendierende Senkung der ST-Strecke das bislang sicherste und beste Kriterium ist.

2. Definition einer hämodynamisch wirksamen Stenosierung

Wir definieren hämodynamisch wirksame Stenosen von einer Einengung des Lumens von mindestens 50% an,entsprechend den Stenosegraden III und IV.Diese Einteilung wird durch Untersuchung der positiven Ekgs in Prozent der jeweiligen Gruppe bestätigt. Bei Stenosegrad II ergibt sich bereits ein Anstieg der positiven Ekgs, was für eine teilweise hämodynamische Wirksamkeit spricht. Zu Schweregrad III und IV, die sich fast gleich verhalten, erfolgt ein sprunghafter Anstieg der positiven Ekgs. Diese Ergebnisse stehen zum Teil im Widerspruch zu den Ergebnissen anderer Untersucher. Zwar wurden mit wenigen Ausnahmen (3,9,41) Stenosen über 50 % ebenfalls als hämodynamisch wirksam angesehen (9,13,25,30,32, 36,37,38,39,44,47,49,55), doch ist bei den meisten Autoren der Anstieg der positiven Ekgs weniger deutlich und auch zwischen den Stenosegraden III und IV ergibt sich meist ein deutlicher Unterschied.In einer neueren Arbeit von Bartel (3) werden hämodynamisch bedeutende Stenosen erst ab 70 Prozent Stenosierung, also ungefähr entsprechend dem Stenosegrad IV,definiert, ebenso in einer Arbeit von

Cohn et al. (9).Alle Stenosierungen unter 70 % werden als hämodynamisch unwirksam angesehen. Auf der anderen Seite gibt es Untersucher,z.B. Kaplan (29), der darauf hinweist, daß sich Schweregrad II,bezüglich des Auftretens von positiven Ekgs,wie Schweregrad III verhält und der deshalb die Grenze von 50 % in Frage stellt. Falsch positive Ekgs gibt er nur für Stenosegrad 0 und I an.Unsere Untersuchungen ergeben, daß die derzeit verwendete Definition der hämodynamisch wirksamen Stenosen ab 50 % Lumeneinengung richtig ist. Da die Belastung und das Ischämiekriterium den Kriterien Bartels entsprechen,könnte die andere Einschätzung von Stenosegrad III durch Eigentümlichkeiten seines Patientengutes bedingt sein. Doch findet sich in seiner Arbeit kein Hinweis auf Zahl und Verhalten dieser Gruppe. Die Tatsache, daß sich in unserer Arbeit Schweregrad III und IV ähnlich verhalten, ist eventuell darauf zurückzuführen,daß bei Schweregrad III in 49 % Mehrgefäßerkrankungen vorliegen, bei Schweregrad IV aber in 62 % Ein- Gefäß'-Erkrankungen. Die Unterschiede zwischen den Gruppen werden dadurch etwas verwischt.

3. Belastung.

Das Ergebnis der Untersuchung des Zusammenhangs Belastungs-Ekg - Koronarangiogramm wird weiterhin von der Belastung bestimmt. Je höher die erreichte Herzfrequenz ist, desto höher ist der Sauerstoffverbrauch des Herzens und umso eher macht sich eine Koronarinsuffizienz durch eine Ischämiereaktion des Ekgs bemerkbar.Darüber sind sich alle Untersucher einig. Umstritten ist jedoch, wie hoch diese Belastung sein sollte. Die beiden Extreme kommen in den Auffassungen von Masters und Linhardt zum Ausdruck. Nach Masters(45)

reicht eine maximale Herzfrequenz von 110 oder sogar weniger aus, um den gleichen Prozentsatz an richtig positiven Ekgs herauszufinden wie dies bei anderen Untersuchern bei einer Frequenz von 150- 170/min. der Fall ist. Die Anzahl der falsch positiven Ekgs sei aber bei dieser Belastung geringer. Auf der anderen Seite vertritt Linhardt (38) die Ansicht, daß die Patienten maximal zu belasten seien.Dies ist sicher nicht ungefährlich und läßt bei zu hoher Belastung die falsch positiven Ekgs ansteigen. Nahezu alle Untersucher haben deshalb einer submaximalen Belastung den Vorzug gegeben. Am häufigsten verwendet werden 80- 90 % der maximalen Herzfrequenz nach Robinson (54) oder Sheffield(56). Robinson hatte bereits 1938 auf das Alter bezogene,maximale Herzfrequenzen bei Gesunden angegeben. 1968 fand Sheffield bei einer analogen Untersuchung für die Altersgruppe über 50 Jahre etwas höhere Werte. Zur Zeit werden beide Frequenzangaben nebeneinander verwendet.Aufgrund unserer Ergebnisse, wobei die Zahl der falsch negativen Ekgs mit steigender Frequenz kontinuierlich abnimmt, können wir Masters Anschauung nicht unterstützen und verwenden als unterste Grenze der Belastung 80 % der maximalen Herzfrequenz nach Sheffield. Bei negativem Ekg mußte diese Grenze erreicht werden, um noch als interpretierbar angesehen zu werden.

Die große Bedeutung der Frequenz für das Ergebnis zeigt sich auch bei Betrachtung des Ruhe- und Belastungs- Ekgs. Beim Ruhe- Ekg werden 85% richtig negative und 21% richtig positive Ekgs gefunden, bei Belastung dagegen 77% richtig negative und 72% richtig positive Ekgs. Bei der Untegruppe der Interpretierbaren ergeben sich 63% richtig negative und 91% richtig positive Ekgs. Die Anzahl der richtigen Diagno-

sen steigt von 53% bei Ruhe auf 74% bei Belastung bis zu 79% bei den Interpretierbaren an. Vergleicht man dieses Ergebnis der Interpretierbaren mit denen in der Literatur (Zusammenstellung nach Redwood (51), ergänzt), so ergibt sich,daß der Prozentsatz der richtig positiven Ekgs mit 91% knapp am größten ist. Die Angaben der anderen Untersucher schwanken bei einem Ischämiekriterium von 1mm von 58% bis zu 88,5%, bei einem Ischämiekriterium von 0,5mm von 48% bis zu 88%. Dabei fällt auf, daß die Empfindlichkeit bei den Untersuchern,die den Stufentest nach Master zur Belastung verwendet haben, sehr gering ist. Bei ihnen reicht die Belastung offenbar nicht aus. Betrachtet man nun die Spezifität, das heißt, die Anzahl der richtig negativen Ekgs,so ergibt sich in dieser Arbeit mit 63% richtig negativer Ekgs eine geringe Spezifität. Bei den anderen Untersuchern schwankt sie zwischen 68% und 100%. Diese niedrige Spezifität bei unserem Krankengut ist dadurch bedingt,daß wir aufgrund der Selektion des Krankengutes schon bei Ruhe eine größere Anzahl von der Norm abweichende Ekgs haben. Bereits im Ruhe- Ekg wird bei 76 Patienten, das heißt 17% aller Patienten, eine St- Senkung von mindestens 1 mm festgestellt. Wenn man diese 76 Patienten ausklammert, steigt die Spezifität stark an. Richtig positive finden sich in der Gruppe der Interpretiebaren mit normalem Ruhe- Ekg jetzt in 88%, richtig negative Ekgs in 79%. Dieses Ergebnis entspricht etwa dem, was auch andere Untersucher fanden.
Es ist wichtig, die Ergebnisse verschiedener Autoren nicht kritiklos miteinander zu vergleichen. Im der Zusammenstellung nach Redwood ist die Anzahl der richtig positiven und richtig negativen Ekgs bei einem bestimmten Ischämiekriterium angegeben. Es ist jedoch die Selektion des Krankengutes ,die

vorgenommen wurde, nicht enthalten. Viele Autoren verwenden zum Beispiel nur Patienten mit normalen Ruhe- Ekgs, wobei der Begriff "normal" sehr eng gefaßt wird. So werden bei einigen Autoren bereits Ekgs mit leicht abgeflachten T- Wellen nicht zum Vergleich verwendet. Wieder andere,zum Beispiel Kubicek (32), der das beste Ergebnis mit 88,5% richtig positiven und 94 % richtig negativen Ekgs fand, verwenden zwar, wie in der Tabelle angegeben, eine St- Senkung von 1mm als Ischämiekriterium;man muß dazu aber wissen, daß er nur St- Strecken als sichere Ischämiezeichen verwendet, die nach Belastung deszendieren. Deshalb ist die Zahl der falsch positiven Ekgs sehr gering.Sie wird dadurch, daß er die falsch positiven Ekgs in Prozent aller Fälle angibt, noch geringer. Von 156 untersuchten Patienten hatten 19 ein normales Koronarangiogramm.Selbst wenn diese alle falsch positiv gewesen wären,ergäbe das nur in 12% der Fälle falsch positive Ekgs.Bei nahezu allen Untersuchern ist die Anzahl der Patienten relativ gering und deshalb nur bedingt repräsentativ.

Falsch negative und falsch positive Ekgs, die in der Gruppe der Interpretierbaren auftreten,werden einer genauen Untersuchung unterzogen.Bei der Betrachtung der falsch negativen Ekgs ergibt sich, daß sie überwiegend bei Stenosierung nur eines Astes zu finden sind. Mit steigender Anzahl der betroffenen Gefäße nimmt ihre Zahl deutlich ab.Mit Ausnahme von Roitman (55),Demany (13) wird dies von den meisten Untersuchern bestätigt (41,47,39,22,3,10). Man kann deshalb sagen, daß ein negatives Belastugs- Ekg in jedem Fall prognostisch günstiger ist. Einige Untersucher stellen weiter fest, daß die falsch negativen Ekgs gehäuft bei Stenosen bestimmter Gefäße auftreten. So fand Mc Henry (41) bei

IV- gradiger Stenose der rechten Kranzarterie oder des ramus circumflexus der linken Kranzarterie 58% falsch negative Ekgs,bei Stenosierung des ramus descendens anterior dagegen nur 8%.Wir fanden ebenso wie Kaplan (29) und Bartel (3) keinen bevorzugten Befall bestimmter Gefäßäste.Allerdings ist diese Aussage wegen der geringen Zahlen unsicher. Die Diskrepanz könnte daran liegen, daß Mc. Henry nur eine bipolare V-5- Ableitung benutzt.

Die Abgrenzung der falsch positiven von den richtig positiven Ekgs hat in der Diagnostik große Bedeutung. Es sind deshalb in letzter Zeit viele Arbeiten über dieses Thema veröffentlicht worden. Als mögliche Erklärung falsch positiver Ekgs wird herangezogen, daß sich bei Belastung auch Stenosen unter 50% funktionell bemerkbar machen,was wir bestätigen können,oder daß die Stenosen im Angiogramm unterschätzt werden(1,14,31),da nur ein Negativ- Bild beurteilt wird. Dafür spricht unsere Feststellung, daß bei den falsch positiven Ekgs Stenosegrad II deutlich häufiger vertreten ist als bei den richtig negativen Ekgs. Weiterhin fiel uns bei den falsch positiven Ekgs eine deutliche Überrepräsentation der Frauen auf. Dies wird in der Literatur bestätigt. (17).

Abschließend wird untersucht, ob die Tiefe der St- Senkung und die Anzahl der betroffenen Ekg-Ableitungen einen Schluß auf den Schweregrad der Koronarveränderungen zulassen. Ebenso wie einige Untersucher (10,29,43)können wir dies bestätigen. Wir untersuchten weiter,ob sich bei Stenosen über 50% an nur einem Gefäß in Abhängigkeit von der Lokalisation der Stenose unterschiedlich ausgeprägte Ischämiereationen ergaben. Die Ischämiereaktion war bei Stenosen des linken Hauptstammes und des ramus descendens anterior

in Hinsicht auf Tiefe der Senkung und Zahl der betroffenen Ableitungen wesentlich deutlicher als bei gleich schweren Stenosen der rechten Kranzarterie oder des ramus circumflexus der linken Kranzarterie. Bei Betrachtung der Ausbelastung ergab sich ein entsprechendes Verhalten. Patienten mit einer Stenosierung der rechten Kranzarterie bzw. des ramus circumflexus der linken Kranzarterie wurden, wie auch Kubicek (32)feststellte,viel häufiger ausbelastet. Trotzdem war die Ischämie reaktion nur schwach ausgeprägt. Dies könnte eine Erklärung dafür sein,daß bei Mc. Henry (41) von 15 Patienten mit falsch negativen Ekgs 11 eine Stenose der rechten Kranzarterie oder des ramus circumflexus der linken Kranzarterie haben. Sie werden nur bei starker Belastung im Ekg erkennbar. Die ausgeprägte Ischämiereaktion bei Stenosierung des linken Hauptstammes wird von vielen Untersuchern (3,8,33)bestätigt.
Die Betrachtung der Abbruchkriterien ergibt: Abbruch der Belastung wegen Herzbeschwerden erfolgte bei 9% der Patienten mit richtig negativen Ekgs, bei 19% mit falsch positiven, bei 26% mit falsch negativen und bei 59% mit richtig positiven Ekgs. Die 19 % bei Patienten mit falsch positiven Ekgs könnten auf eine teilweise hämodynamische Wirksamkeit von Stenosen unter 50 % deuten; die 26% bei den Patienten mit falsch negativen Ekgs darauf, daß auch in diesen Fällen eine Ischämiereaktion auftrat, die aber mit den von uns verwendeten Ischämiekriterien nicht zu erfassen war. Bei Stenosierung der Koronargefäße unter 50% wurde weit überwiegend wegen Atembeschwerden und Beinermüdung abgebrochen.

Als nicht eingreifende und nicht sehr aufwendige Methode ist das Belastungs- Ekg, das nach unseren Ergebnissen eine

ausreichende Empfindlichkeit besitzt,zur Erfassung latenter Koronarerkrankungen bei Vorsorgeuntersuchungen sehr gut geeignet.Als diagnostische Methode im Einzelfall reicht dagegen vor allem die Spezifität nicht aus. Die Koronarangiographie ist hier nicht zu ersetzen. Es muß weiter versucht werden,durch genaue Analyse der falsch negativen und falsch positiven Ekgs die Beziehung des Belastungs- Ekgs zum Koronarangiogramm noch enger zu machen. Eventuell auch dadurch, daß man neben den Ekg- Veränderungen auch das Auftreten von stenokardischen Beschwerden während der Belastung, sowie eine sorgfältige Angina- pectoris- Anamnese, noch viel mehr als bisher, in die Diagnose mit einbezieht.

Vergleich der Ergebnisse des Belastungs-EKGs mit den koronarangiographischen Befunden bei verschiedenen Untersuchern. (Zusammenstellung nach Redwood, ergänzt)

Untersucher	Anzahl der Patienten	kritische ST-Senkung in mm	Empfindlichkeit (richtig positiv)	Spezifität (richtig negativ)
Cohen (7)	34	0,5	27/34 (63%)	-
Likoff (37)	74	1,0	14/24 (58%)	34/50 (68%)
Demany (13)	75	1,0	18/42 (43%)	23/33 (69%)
Hultgren (25)	65	1,0	20/32 (60%)	23/23 (100%)
Mason (44)	84	0,5	43/49 (88%)	24/35 (69%)
		0,75	41/49 (84%)	29/35 (83%)
		1,0	38/49 (78%)	31/35 (89%)
Kassebaum (30)	67	0,5	25/34 (73%)	32/33 (97%)
		1,0	24/34 (71%)	32/33 (97%)
Most (47)	65	0,5	43/65 (66%)	-
		1,0	38/65 (58%)	-
		2,0	18/65 (28%)	-
Roitman (55)	46	1,0	24/30 (80%)	14/16 (88%)
Fitzgibbon (16)	132	0,5	44/92 (48%)	32/40 (80%)
Mc.Conahay (39)	100	0,5	41/65 (63%)	29/35 (83%)
		0,75	27/65 (42%)	32/35 (91%)
		1,0	23/65 (35%)	35/35 (100%)
Cohn (9)	110	0,5	66/77 (86%)	24/33 (73%)
		1,0	59/77 (77%)	29/33 (88%)
		2,0	31/77 (41%)	33/33 (100%)
Kubicek (32)	156	1,0	(88%)	(94%)
Paulin (49)	107	0,5	58/72 (81%)	32/35 (92%)
Bartel (3)	650	1,0	(65%)	(92%)
Mc.Henry (41)	166	1,0	70/86 (82%)	76/80 (95%)
Eigene Untersuchungen	438	1,0	155/217 (72%)	170/221 (77%)

E. Zusammenfassung:

Bei 438 Patienten mit typischer Angina pectoris oder „Brustschmerzen" werden die Sensitivität und Spezifität der Belastungs-Elektrokardiographie am Befund im Koronarogramm gemessen.

Die Ergebnisse während und nach submaximaler Belastung stimmen im Elektrokardiogramm dann am besten mit dem Koronarogramm überein, wenn als Kriterium der Ischämie eine descendierende oder horizontale Senkung der ST-Strecke von mindestens 1 mm gefordert wird. Bei Grenzziehung unter diesem Wert nimmt der Anteil der falsch positiven, bei Grenzziehung über 1 mm ST-Streckensenkung der Anteil falsch negativer Ergebnisse zu.

Das Ischämie-Elektrokardiogramm repräsentiert die Koronarinsuffizienz der stark kaliberreduzierenden Koronarsklerose mit Lumeneinengung von mehr als 80%.

Das Ruhe-Elektrokardiogramm ergibt nur in 53% der Fälle Übereinstimmung mit dem koronarographischen Befund. Während und vor allem nach der Belastung in der Erholungsphase steigt die Anzahl der richtigen Diagnosen auf 74% an. Werden bei unauffälligem Belastungs-Elektrokardiogramm nur submaximale Belastungen berücksichtigt, so erhöht sich die Spezifität der Belastungs-Elektrokardiographie auf 79%. Am besten ist Übereinstimmung mit 84% in der Gruppe von Patienten mit normalem Ruhe-Elektrokardiogramm, die submaximal ausbelastet werden können.

Die detaillierte Analyse der Belastungsprüfungen mit falsch negativem Ergebnis zeigt bei 170 ausbelasteten Patienten mit haemodynamisch wirksamer Koronarerkrankung in 15 Fällen keine Ischämiereaktion. 13 dieser Koronarkranken haben eine sogenannte Eingefäßerkrankung. Damit ist die in einer Koronararterie lokalisierte, hochgradige Segmentstenose häufigste Ursache einer falsch negativen Beurteilung des Belastungs-Elektrokardiogrammes. In der Gruppe der flasch positiven Belastungs-Tests sind Frauen mit 34% gegenüber Männern mit 20% deutlich überrepräsentiert.

Der Abbruch der Fahrrad-Ergometrie erfolgte bei Patienten mit wirksamer Koronargefäßerkrankung in 70% wegen kardialer Symptome, während bei 80% der Patienten ohne Koronarinsuffizienz die Belastungsgrenze in Folge Be-

lastungsdyspnoe oder muskulärer Erschöpfung erreicht wurde.

Unter der Voraussetzung submaximaler Belastung und einer ST-Streckensenkung von mindestens 1 mm kann bei 3 von 4 Patienten übereinstimmend mit dem Koronarogramm eine koronare Herzerkrankung mit Koronarinsuffizienz diagnostiziert oder ausgeschlossen werden. Damit wird das Belastungs-Elektrokardiogramm zu der wichtigsten Methode in der Vorfeld-Diagnostik jener Erkrankung, die seit Jahren die Statistik von Morbitität und Mortalität anführt.

F.Literaturangaben

1. Allison,R.B.,F.L.Rodriguez,A.H.Abelman,L.B.Ellis:
Interrelation of coronary occlusion,intercoronary anastomosis,myocardial infarction and angina pectoris.
Circulation 22:671 (1960)

2. Astrand,I.:
The "Minnesota Code" for ECG classifikation.Adaption to CR leads and modifikation of the code for ECGs, recorded during and after exercise.
Acta Med. Scand. 481 (1967)

3. Bartel,A.G.,V.S.Behar,R.H.Peter,E.S.Orgain:
Graded exercise stress test in angiographically documented coronary artery disease.
Circulation 49:348 (1974)

4. Biberman,L.,R.N.Sarma,B.Surawicz:
T-wave abnormalities during hyperventilation and isoproterenol infusion.
Amer. Heart J. 81:166 (1971)

5. Blümchen,G.,A.Kiefer,H.Roskamm,D.Waldmann,Ch.Büchner, H.Reindell:
Vergleich der koronarangiographischen Befunde von 127 Patienten mit Anamnese,Risikofaktoren für koronare Herzerkrankung,Ruhe-und Belastungs-Ekg.
Z.Kreislaufforschg.58:149 (1968)

6.Bousfield,G.:
Angina pektoris:Variation in electrocardiograms during paroxysms.
Lancet 2:457 (1918)

7.Cohen,L.S.,W.C.Elliott,M.D.Klein,Gorlin:
Coronary heart disease: Clinical,cinearteriographic and metabolic correlations.
Amer. J. Cardiol. 17:153 (1967)

8. Cohen,M.V.,R.F.Cohn,M.V.Herman,R.Gorlin:
Diagnosis and prognosis of main left coronary artery obstruction.
Circulation 45: 57 (1972)

9. Cohn, R.F., R.S. Vakonas, M.V.Herman, R.Gorlin:
Postexercise electrocardiogram in patients with abnormal resting electrocardiograms.
Circulation 43: 648 (1971)

10.Cohn ,P.F., P.S.Vakonas, A.S.Most, M.V.Herman, R.Gorlin:
Diagnostic accuracy of two- step postexercise ECG.
Results in 305 subjects studied by coronary arteriography
JAMA 220: 501 (1972)

11.Christensen B.C.:
Variations in the carbon dioxide tension in the arterial blood and the electrocardiogram in man.
Acta physiol. Scand. 12: 389 (1946)

12.Cropp G.J., G.W. Manning:
Electrocardiographic changes simulating myocardial ischemia and infarction associated with spontaneous intracranial hemorrhage.
Circulation 22: 27 (1960)

13.Demany M.A., A.Tambe, H.A.Zimermann:
Correlation between coronary arteriography and the postexercise electrocardiogram.
Amer. J. Cardiol. 19: 526 (1967)

14.Eusterman J.H., R.W.P. Arthur, O.W. Kincaid, A.L.Brown:
Arteriosclerotic disease of the coronary arteries.
A pathologic- radiologic correlation study.
Circulation 26: 1288 (1962)

15.Feil H., M.L.Siegel:
Electrocardiographic changes during attacks of angina.
Amer. J. Med. 175: 256 (1928)

16. Fitzgibbon G.M., G.W.Burggraf, T.D.Groves,J.O.Parker:
A double Master's two- step test: Clinical, angiographic and hemodynamic correlations.
Ann. Intern Med. 74: 509 (1971)

17. Friesinger G.C., R.O.Biern, J.Likar,R.E.Mason:
Exercise electrocardiography and vasoregulatory abnormalities.
Amer. J. Cardiol. 30: 733 (1972)

18. Friesinger G.C., R.F.Smith:
Correlation of electrocardiographic studies and arteriographic findings with angina pectoris.
Circula tion 45: 1173 (1972)

19. Friesinger G.C., J.Likar, R.O. Biern et al.:
Vasoregulatory asthenia: A cause for false positive exercise electrocardiograms.
Circulation 32: 90 (1965)

20. Froelicher V.F., F.G. Yanowitz, A.Y. Thompson,M.C. Lancaster:
The correlation of coronary angiography and the electro cardiographic response to maximal treadmill testing in 76 asymptomatic men.
Circulation 48: 597 (1973)

21. Gallivan G.J., H.Levine, J.Canzonetti:
Ischemic electrocardiographic changes after truncal vagotomy.
JAMA 211: 797 (1970)

22. Goldschlager N., F.J.Sakai, K.E.Cohn et al.:
Hemodynamic abnormalities in patients with coronary artery disease and their relationship to intermittent ischemic episodes.
Amer. Heart J. 80: 610 (1970)

23. Gooch A.S.:
Exercise testing for detecting changes in cardiac rhythm and conduction.
Amer. J. Cardiol. 30: 741 (1972)

24. Graef,V.,H.J.Becker,G.Kober,M.Kaltenbach:
Evaluation of different antianginal drugs.
In:Coronary Heart Disease (M.Kaltenbach,
P.Lichtlen,eds.)Thieme,Stuttgart 1971.

25. Hultgren,H.A.Calciano,F.Platt,H.Abrams:
A clinical evaluation of coronary arteriography.
Amer. J. Med. 42:228 (1967)

26. James,T.N.:
Pathology of small coronary arteries.
Amer. J. Cardiol. 20: 679 (1967)

27. Judkins,M.P.:
Selective coronary arteriography.
Radiology 89: 815 (1967)

28. Kaltenbach,M.,P.Lichtlen:
Coronary Heart Disease,
Thieme,Stuttgart 1971

29. Kaplan,M.A.,C.N.Harris,W.S.Aronow,D.P.Parker:
Inability of the submaximal treadmill stress test
to predict the location of coronary disease.
Circulation 47: 250 (1973)

30. Kassebaum,D.G.,K.J.Sutherland,M.P.Judkins:
A comparison of hypoxemia and exercise electro-
cardiography in coronary artery disease.
Amer.Heart J. 75: 759 (1968)

31. Kemp,H.G.,H.Evans,W.C.Eliott,R.Gorlin:
Diagnostic accuracy of selective coronary
cinearteriography.
Circulation 36 : 526 (1967)

32. Kubicek,F.:
Ergometrische Untersuchungen bei der koronaren
Herzkrankheit.Korrelationen zur selektiven Koronar-
angiographie.
Herz/Kreisl. 5: 363 (1973)

33. Lavine,P.,D.Kimbiris,Bl.Segal,JW.Linhardt:
Left main artery disease:Clinical,arteriographic and hemodynamic appraisal.
Amer. J. Cardiol. 30:791 (1972)

34. Lepeschkin,E.:
Exercise tests in the diagnosis of coronary heart disease.Symposium on coronary heart disease.
Amer.Heart Ass.,Monogr.2,S.85 (1961)

35. Lepeschkin,E.,B.Surawicz:
Characteristics of true positiv and false positiv results of electrocardiographic Master two-step exercise test.
New Engl. J. Med. 285:511 (1958)

36. Lichtlen,P.,P.C.Barman,B.Preter:
Zur selektiven Koronarangiographie.
Arch. Kreisl.-Forsch. 59:287 (1969)

37. Likoff,W.,H.Kasparian,B.L.Segal,H.Forman,P.Novack:
Coronary arteriography: Correlation with electrocardiographic response to measured exercise.
Amer. J. Cardiol. 18:1960 (1966)

38. Linhardt,J.W.,H.B.Turnoff:
Maximum treadmill exercise test in patients with abnormal control electrocardiograms.
Circulation 49:667 (1974)

39. Mc.Conahay,DR.,Mc.Callister BD.,Smith RE.:
Postexercise electrocardiography: Correlations with coronary arteriography and left ventrikular hemodynamics
Amer. J. Cardiol. 28:1 (1971)

40. Mc.Henry,P.L.,O.J.Cogan,W.C.Elliott:
False positiv ECG response to exercise secondary to hyperventilation: cineangiographic correlation.
Amer. Heart J. 79:683 (1970)

41. Mc Henry,P.L.,J.F.Phillips,S.B.Knoebel:
Correlation of computer-quantitated treadmill exercise electrocardiogram with arteriographic location of coronary artery disease.
Amer. J. Cardiol. 30:747 (1972)

42. Martin,CM.,DR.Mc Conahay:
Maximal treadmill exercise electrocardiography. Correlation with coronary arteriography and cardiac hemodynamics.
Circulation 46:956 (1972)

43. Mason,RE.,J.Likard,RO.Biern,RS.Ross:
Correlation of graded exercise electrocardiographic response with clinical and coronary cinearteriographic findings.In measurment in exercise electrocardiography. Ernst Simonson Conference,edited by Blackburn H. Springfield,Charles C.Thomas, (1969)

44. Mason,RE.,J.Likard,RO.Biern,RS.Ross:
Multiple-lead exercise electrocardiography.Experience in 107 normal subjects and 67 patients with angina pectoris and comparison with coronary cinearteriography in 84 patients.
Circulation 36:517 (1967)

45. Master,AM.:
Exercise testing for evaluation of cardiac performance.
Amer. J. Cardiol. 30:718 (1972)

46. Master,AM.,J.Rosenfeld:
Two-step exercise test: Current status after 25 years.
Mod. Conc. Cardiovasc. Dis. 36:19 (1967)

47. Most,A.,H.G.Kemp,R.Gorlin:
Postexercise electrocardiography in patients with arteriographically documented coronary artery disease.
Ann. Intern Med. 71:1043 (1969)

48. Pardee,H.E.B.:
An electrocardiographic sign of coronary artery obstruction.
Arch. Intern Med. 26: 244 (1920)

49. Paulin,S.:
Coronary angiography: A technical,anatomic and clinical study.
Acta Radiol.,Suppl.233:1 (1964)

50. Proudfitt,W.L.,E.K.Shirey,M.Sones:
Distribution of arterial lesions demonstrated by selective cinecoronary arteriography.
Circulation 36:54 (1967)

51. Redwood,D.R.:
Uses and limitations of stress testing in the evaluation of ischemic heart disease.
Circulation 46:1115 (1972)

52. Riecker,G.:
Wertigkeit klinischer Belastungsprüfungen bei koronarer Herzkrankheit.
Dtsch. med. Wschr. 98:891 (1973)

53. Robb,G.P.,H.H.Marks:
Postexercise electrocardiogram in arteriosklerotic heart disease.
JAMA 200: 918 (1967)

54. Robinson,S.:
Experimental studies on physikal fitness in relation to age.
Arb.Physiol.10: 251 (1938)

55. Roitman,D.,W.B.Jones,L.D.Sheffield:
Comparison of submaximal exercise ECG test with coronary cineangiocardiogram.
Ann.Intern.Med. 72:691 (1970)

56. Sheffield,L.T.,J.H.Holt,T.J.Reeves:
Exercise graded by heart rate in electrocardiographic testing for angina pectoris.
Circulation 32:622 (1965)

57. Shirey,E.K.:
Correlative pathological study of the coronary microcirculation with coronary arteriography.
Circulation 38:179 (1968)

58. Shuster,S.:
The electrocardiogram in subarachnoid hemorrhage.
Brit,Heart J. 22:316 (1960)

59. Sones,F.M.,E.K.Shirey:
Cine coronary arteriography.
Mod.Conc.Cardiovasc.Dis. 31:735 (1962)

60. Stocksmeier,U.,H.Hofmann:
Automatische Auswertung von Ruhe- und Belastungs-Ekg.
Urban und Schwarzenberg München 1971

61. Wasserburger,R.H.,T.H.Lorenz:
The effect of hyperventilation and probanthine on isolated RS-T segment and T-wave abnormalities.
Amer.Heart J. 51:666 (1956)

62. Wells,R.,R.A.Heinle,H.G.Kemp,R.Gorlin,V.Herman:
Abnormalities of the microcirculation in patients with anginal syndrome with normal coronary arteries studied by cineangiography.
Circulation 36:(Suppl.2) 268 (1967)

63. Yu,P.N.,Yim,B.J.C.A.Stanfield:
Hyperventilationssyndrome.
Arch. Intern. Med.(Chicago) 103: 902 (1959)

Lebenslauf

Am 19.1.1949 wurde ich als Sohn des Buchhalters Waldemar Wicovsky und seiner Ehefrau Elfriede, geb. Netsch in Selb/Oberfranken geboren.

1955 trat ich in die Volksschule in Selb ein. 1958 wechselte ich in die Oberrealschule Selb über und verließ diese Schule 1968 nach Besuch von neun Jahren mit dem Zeugnis der Reife.

1968/69 leistete ich meinen Wehrdienst ab.

Seit dem 1.11.1969 studierte ich an der Universität Erlangen-Nürnberg Humanmedizin.
Am 4.2.1976 habe ich das Studium mit dem Staatsexamen abgeschlossen.

Erlangen, im Februar 1976

Adolf Joachim Wicovsky

Copy-Center 2000
852 ERLANGEN · Obere Karlstr. 30
Tel. 09131-26197